



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002158630 A**(43) Date of publication of application: **31.05.02**

(51) Int. Cl. **H04J 11/00**
H04B 7/08

(21) Application number: **2000350876**(22) Date of filing: **17.11.00**(71) Applicant: **NEC CORP**(72) Inventor: **KUROGAMI YUUZOU**

(54) **CIRCUIT FOR COMPENSATING INTERFERENCE
 BETWEEN CROSS- POLARIZED WAVES**

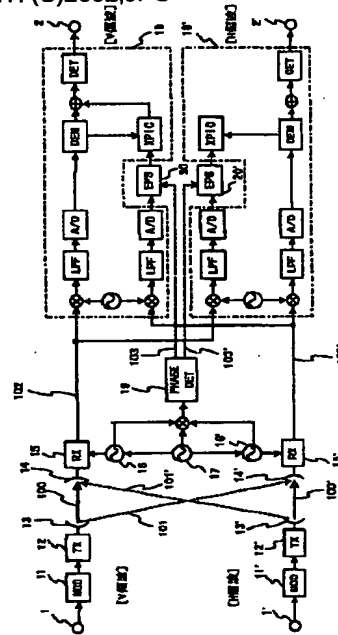
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a circuit for compensating interference between cross- polarized waves, that prevents deterioration in an inter cross polarized wave interference compensation characteristic in an XPIC(cross polarization interference canceller), adopting a reception reference synchronization system due to a local phase noise between its own polarized wave and a different polarized wave.

SOLUTION: The compensation circuit is equipped with a local phase difference generator 19 that detects a phase relation generated from respective reception local oscillators 16, 16', that respectively receive orthogonal polarized waves and with endless phase shifters(EPS) 20, 20', that compensate the phase difference detected by the local phase difference detector, and compensates a phase and phase noise components, existing in an XPIC reference signal before the XPIC receives the XPIC reference signal, so that the phase relation between own polarized wave transmission signal and different polarized wave interference signal at an RF stage become the same as a phase relation between the own polarized wave base-band signal and

the base-band XPIC reference signal at a base band stage for eliminating interference.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-158630

(P2002-158630A)

(43) 公開日 平成14年5月31日 (2002.5.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	7-コード* (参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	B 5 K 0 2 2
H 0 4 B 7/08		H 0 4 B 7/08	D 5 K 0 5 9

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-350876(P2000-350876)

(22) 出願日 平成12年11月17日 (2000. 11. 17)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 黒上 雄三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100105511

弁理士 鈴木 康夫 (外1名)

Fターム(参考) 5K022 AA21 DD03 DD35

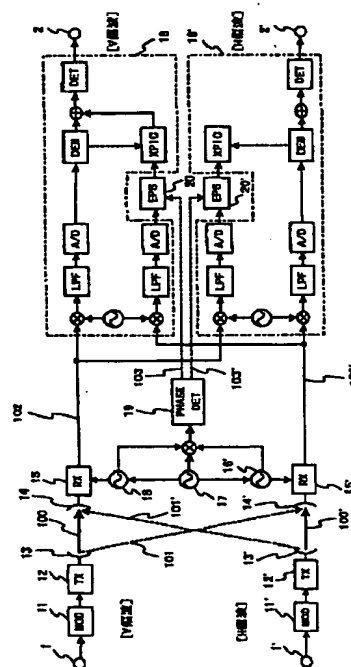
5K059 AA03 CC03 CC05 DD32

(54) 【発明の名称】 交差偏波間干渉補償回路

(57) 【要約】

【課題】 受信リファレンス同期方式のXPICにおける自偏波と異偏波のローカル位相雑音による交差偏波間干渉補償特性の劣化を防止する。

【解決手段】 互いに直交する偏波のそれぞれの受信ローカル発振器16, 16'で発生する位相関係を検出するローカル位相差検出器19と、該ローカル位相差検出器で検出した位相差を補償する無限移相器(EPS)20, 20'を装備し、RF段での自偏波送信信号と異偏波干渉信号との位相関係と干渉除去を行うベースバンド段での自偏波ベースバンド信号とベースバンドXPIC参照信号との位相関係とが同一となるように、XPICに入力する以前にXPIC参照信号に存在する位相及び位相雑音成分を補償する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに直交する2つの偏波を用いて伝送された信号を受信する手段と、受信した各偏波の信号をそれぞれIF信号に変換するための2つの受信ローカル発振器と、変換された自偏波のIF信号からベースバンド信号を復調する復調手段、変換された異偏波のIF信号を復調して異偏波からの干渉成分の複製信号を生成するXPIC参照信号生成手段、及び前記ベースバンド信号と前記異偏波からの干渉成分の複製信号とを加算することにより交差偏波干渉成分を除去して復調信号を再生する手段からなり、前記各偏波受信信号をそれぞれ復調する2つの復調器と、を有する交差偏波間干渉補償回路において、

前記2つの受信ローカル発振器から出力されるローカル信号間の位相差を検出するローカル位相差検出器と、該ローカル位相差検出器から出力される位相差信号によって前記ベースバンド信号と前記各XPIC参照信号の位相が同一となるように制御する位相制御手段とを備えたことを特徴とする交差偏波間干渉補償回路。

【請求項2】 前記ローカル位相差検出器は、前記2つの受信ローカル発振器から出力されるローカル信号間の位相差を検出してその位相回転方向が互いに逆方向の関係にある2つの位相差信号を出力するように構成され、前記位相制御手段は、前記ローカル位相差検出器から出力される前記2つの位相差信号を入力して前記各XPIC参照信号生成手段に入力される信号の位相をその移相方向が互いに逆方向となるよう制御する2つの可変移相器によって構成されていることを特徴とする請求項1記載の交差偏波間干渉補償回路。

【請求項3】 前記2つの受信ローカル発振器は、共通リファレンス発振器に接続されて同期がとられていることを特徴とする請求項1または2記載の交差偏波間干渉補償回路。

【請求項4】 前記各復調器はそれぞれ、入力された自偏波のIF信号及び異偏波のIF信号をそれぞれ更に周波数変換する共通の一次キャリア発振器と、該周波数変換された自偏波のIF信号及び異偏波のIF信号をそれぞれ自偏波のデジタル信号及び異偏波のデジタル信号に変換するA/D変換器と、前記自偏波のデジタル信号と数値演算制御発振器で生成した二次キャリア信号を入力してベースバンド信号を復調する第1の無限移相器と、前記異偏波のデジタル信号と前記数値演算制御発振器で生成した二次キャリア信号を入力してXPIC参照信号を生成する第2の無限移相器と、該XPIC参照信号を入力して異偏波からの干渉成分の複製信号を生成するトランスバーサルフィルタと、前記ベースバンド信号と前記異偏波からの干渉成分の複製信号を加算して交差偏波干渉除去を行う加算器と、該加算器の出力を判定して復調データを出力する判定回路と、該判定回路で生成した誤差信号を元に位相制御信号を作成し、前記数値演算制

御発振器で発生する二次キャリア信号の周波数制御を行うキャリア同期制御器と、前記判定回路で生成した誤差信号を元にタップ係数制御信号を作成し、前記トランスバーサルフィルタのタップ係数を制御するタップ係数制御回路を備えており、前記可変移相器は、前記第2の無限移相器の前段に接続された第3の無限移相器によって構成されていることを特徴とする請求項2または3記載の交差偏波間干渉補償回路。

【請求項5】 前記ローカル位相差検出器は、前記2つのローカル発振器の出力を乗算して周波数差信号を導出する乗算器及び低域ろ波器と、該周波数差信号をデジタル信号に変換するA/D変換器と、ローカル位相差信号を出力する数値制御発振器と、該数値制御発振器で生成したローカル位相差信号と前記デジタル信号に変換された周波数差信号とを比較して差信号を出力する移相比較器と、該差信号により前記前記数値制御発振器の発振周波数を制御するループフィルタを備えていることを特徴とする請求項1〜4のいずれかに記載の交差偏波間干渉補償回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、直交する2つの偏波を用いて伝送を行う両偏波伝送方式に関し、特に、両偏波間の交差偏波間干渉成分を除去する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】デジタルマイクロ波通信装置においては、周波数利用効率を上げるため電波の直交する2つの偏波面、垂直偏波(V)と水平偏波(H)を用いて信号の伝送を行う両偏波伝送方式が用いられている。この方式においてはV偏波とH偏波が同じ周波数を使用するため、アンテナや空間の偏波面の直交性にずれがある場合V偏波からH偏波あるいはH偏波からV偏波への信号の漏れ込みが発生する。

【0003】この漏れ込みは交差偏波間干渉と呼ばれ、信号の伝送品質に悪影響を与える。特に両偏波伝送方式とQAMなどの多値変復調方式を併用している場合は影響が顕著であるため、通常交差偏波間干渉補償器(XPIC: Cross Polarization Interference Canceller)を用いた干渉成分除去を行う。なお、XPICの詳細については、例えば特開2000-165339号公報等に開示されている。

【0004】XPICにおいて対象とする偏波を自偏波、またそれと直交するように偏波された電波を異偏波と定義するが、受信側において異偏波からの干渉を補償するためには、異偏波より受け渡されるXPIC参照信号と自偏波信号との位相関係が、異偏波側干渉を受けるRF段階での異偏波と自偏波の位相関係と同一でなければならない。

【0005】この条件を満たすための自偏波と異偏波の局部発信(ローカル)周波数の設定として、送信ローカ

ル同期方式と受信ローカル同期方式の2方式が存在する。復調器のキャリア再生として準同期方式を用いる場合には、ハードウェア構成で相性がよい受信ローカル同期方式が用いられる場合が多い。受信ローカル同期方式に関しては例えば特開昭63-222534号公報に開示されている。

【0006】この受信ローカル同期方式には、自偏波の受信器と異偏波の受信器とが1つのローカル発信器を共用する共通ローカル方式と、自偏波の受信器と異偏波の受信器とがローカル発振器を独立に保有しローカル発振器のリファレンス信号を共用する共通リファレンス方式の2方式が存在する。

【0007】共通ローカル方式では回路構成が簡単になる反面、ローカル発振器の機器故障の場合に両偏波の信号が同時に断となる可能性があり、共通リファレンス方式では逆に回路構成が複雑な分ローカル発振器の機器故障に対してその影響を片偏波に抑えることができる。

【0008】そのため電波利用効率に対する要求が厳しく、無線周波数での予備回線をV偏波とH偏波の両偏波で一つしかとれない場合には、リファレンス同期方式を用いて冗長性の高い構成とする場合が多い。

【0009】図5は、従来のリファレンス同期を用いた受信ローカル同期方式の復調システムを示すブロック図である。図5において、V/Hの送信データ信号は、端子1/1'から変調器11/11'にそれぞれ入力され、変調を受けた送信IF信号は、送信器12/12'でRF信号に周波数変換され送信アンテナ13/13'から放射される。

【0010】V偏波の受信系において、V偏波送信器12から送信された送信信号100とH偏波送信器12'から送信されV偏波へ漏れ込んだ干渉信号101'は、空間上で結合され受信アンテナ14にV偏波受信信号として入力する。V偏波受信信号は、共通リファレンス発振器17に同期する受信ローカル発振器16よりの受信ローカル信号を入力とする受信器15で周波数変換され、V偏波受信IF信号102となる。

【0011】同様にH偏波の受信系において、H偏波送信器12'から送信された送信信号100'とV偏波送信器12から送信されH偏波へ漏れ込んだ干渉信号101は、空間上で結合され受信アンテナ14'にH偏波受信信号として入力する。H偏波受信RF信号は、共通リファレンス発振器17に同期する受信ローカル発振器16'よりのローカル信号を入力とする受信器15'で周波数変換され、H偏波受信IF信号102'となる。

【0012】V偏波の復調系において、復調器18はV偏波受信IF信号102を復調し、更にH偏波受信IF信号102'をXPIC参照信号として交差偏波干渉を行い、最終的に復調及び干渉除去を行った受信データ信号を端子2から出力する。同様にH偏波の復調系において、復調器18'はH偏波受信IF信号102'を復調

し、更にV偏波受信IF信号102をXPIC参照IF信号として交差偏波間干渉補償を行い、最終的に復調及び干渉除去を行った復調データ信号を端子2'から出力する。

【0013】次に、図6を用いて従来の復調器の詳細を説明する。端子3から入力した自偏波のIF信号は、一次キャリア発振器21の出力である一次キャリア信号111を用いて乗算器22で周波数変換され、その後低域ろ波器23で高調波成分を除去され、さらにA/D変換器24で量子化されデジタル信号に変換される。

【0014】このデジタル信号と数値演算制御発振器(NCO: Numerical Controlled Oscillator) 25で生成した二次キャリア信号112とを無限移相器(EPS: Endless Phase Shifter) 26に入力し周波数変換を行い、ベースバンド信号を復調する。キャリア同期制御器27は、判定回路29で生成した誤差信号を元に位相制御信号を作成し、NCO 25で発生する二次キャリア信号の周波数制御を行う。

【0015】また端子4から入力した異偏波のIF信号は自偏波側と共通の一次キャリア信号111を用いて乗算器22'で周波数変換され、その後低域ろ波器23'で高調波成分を除去され、A/D変換器24'で量子化されデジタル信号に変換される。このデジタル信号は更に自偏波側と共通のNCO 25で生成した二次キャリアと共に無限移相器26'に入力し、周波数変換されてXPIC参照信号となる。

【0016】このXPIC参照信号とタップ係数制御回路31で生成されたXPICのタップ係数とがトランスバーサルフィルタ30の入力となり、空間で受けた異偏波からの干渉成分の複製信号が生成される。そして、自偏波ベースバンド信号から異偏波干渉成分の複製信号を加算器28で取り除くことにより交差偏波干渉除去を行うことができる。

【0017】このように、交差偏波間干渉の除去を行うためにはXPIC回路にて空間で受けた交差偏波間干渉成分の複製信号を作る必要がある。そのためには交差偏波間干渉が発生するRF段での自偏波送信信号100と異偏波干渉信号101との位相関係が、干渉除去を行うベースバンド段での自偏波ベースバンド信号103とベースバンドXPIC参照信号104との位相関係と同一でなければならない。

【0018】この条件を実現するため、従来、ローカル発振器のリファレンス信号及び一次キャリア信号、二次キャリア信号を共通とすることで両者の周波数関係を同一とし、更に残った位相関係をXPICで補償している。

【0019】次に、以上説明した従来の受信ローカル同期のXPIC動作について数式を用いて説明する。

【0020】まず送信系に関して以下の信号を定義する。

10

20

30

40

50

V偏波のベースバンド信号: $V(t) = V_p(t) + jV_q(t)$, ($V_p(t)$: Pch成分, $V_q(t)$: Qch成分)
 H偏波のベースバンド信号: $H(t) = H_p(t) + jH_q(t)$, ($H_p(t)$: Pch成分, $H_q(t)$: Qch成分)
 V偏波送信キャリア: $\cos(\omega_{vT}t + \theta_{vT})$,
 (ω_{vT} : V偏波の送信キャリア周波数, θ_{vT} : V偏波の送信キャリア位相)

*

$$\begin{aligned} V_{Tx}(t) &= V_p(t) \cdot \cos(\omega_{vT}t + \theta_{vT}) - V_q(t) \cdot \sin(\omega_{vT}t + \theta_{vT}) \\ &= \text{real}[V(t) \cdot \exp(j(\omega_{vT}t + \theta_{vT}))] \\ H_{Tx}(t) &= \text{real}[H(t) \cdot \exp(j(\omega_{hT}t + \theta_{hT}))]. \end{aligned}$$

【0022】各偏波の送信RF信号が空間上でH偏波→V偏波に係数 α_v 及びV偏波→H偏波に係数 α_h の関係で結合すると仮定すると、V偏波及びH偏波の受信RF

$$\begin{aligned} V_{Rx}(t) &= \text{real}[V(t) \cdot \exp(j(\omega_{vT}t + \theta_{vT})) + \alpha_v \cdot H(t) \cdot \exp(j(\omega_{hT}t + \theta_{hT}))] \\ H_{Rx}(t) &= \text{real}[H(t) \cdot \exp(j(\omega_{hT}t + \theta_{hT})) + \alpha_h \cdot V(t) \cdot \exp(j(\omega_{vT}t + \theta_{vT}))]. \end{aligned}$$

【0023】それぞれの受信RF信号は、受信器において以下の受信ローカル信号により周波数変換される。なお共通のリファレンス信号に同期しているためそれぞれのローカル信号の周波数は同一で位相のみが独立である。

V偏波の受信ローカル信号: $\cos(\omega_Rt + \theta_{vR})$, (ω_R : 受信ローカル周波数, θ_{vR} : V偏波の受信ローカル

* H偏波送信キャリア: $\cos(\omega_{hT}t + \theta_{hT})$,
 (ω_{hT} : H偏波の送信キャリア周波数, θ_{hT} : H偏波の送信キャリア位相)。

【0021】このときV偏波及びH偏波の送信RF信号、 $V_{Tx}(t)$ 及び $H_{Tx}(t)$ は以下の式で表すことができる。

※信号、 $V_{Rx}(t)$ 及び $H_{Rx}(t)$ は以下の式で表すことができる。

★ル位相)

H偏波の受信ローカル信号: $\cos(\omega_Rt + \theta_{hR})$, (θ_{hR} : H偏波の受信ローカル位相)。

【0024】ここでV偏波を自偏波とし、自偏波に着目して展開を行う。自偏波の受信器を通過した受信IF信号 $V_{IF}(t)$ 及び異偏波の受信器を通過したXPIC参照信号 $V_{IX}(t)$ は以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} V_{IF}(t) &= \text{real}[V(t) \cdot \exp(j((\omega_{vT} - \omega_R)t + (\theta_{vT} - \theta_{vR}))) + \alpha_v \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_R)t + (\theta_{hT} - \theta_{vR}))) \\ V_{IX}(t) &= \text{real}[H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_R)t + (\theta_{hT} - \theta_{hR}))) + \alpha_h \cdot V(t) \cdot \exp(j((\omega_{vT} - \omega_R)t + (\theta_{vT} - \theta_{hR})))]. \end{aligned}$$

【0025】復調器18においては、受信IF信号の周波数成分及び位相成分に内部の発振器の発振周波数を合わせる同期操作を行うため、受信IF周波数と復調器内部の発振周波数は等しくなり以下の式が成立する。

($\omega_{vT} - \omega_R$) = ($\omega_{D1} + \omega_{D2}$), (ω_{D1} : 受信一次キャリア周波数, ω_{D2} : 受信二次キャリア周波数)

☆

$$\begin{aligned} V_{Bx}(t) &= \text{real}[V(t) \cdot \exp(j((\omega_{vT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{vT} - \theta_{vR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) + \alpha_v \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{hT} - \theta_{vR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) \\ &= V(t) + \text{real}[\alpha_v \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_{vT})t + (\theta_{hT} - \theta_{vT})))]. \end{aligned}$$

【0027】またXPIC内トランスバースアルフィルタの入力となるベースバンドXPIC参照信号 $V_{Bx}(t)$

◆は、以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} V_{Bx}(t) &= \text{real}[H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{hT} - \theta_{hR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) + \alpha_h \cdot V(t) \cdot \exp(j((\omega_{vT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{vT} - \theta_{hR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) \\ &= \text{real}[H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_{vT})t + (\theta_{hT} - \theta_{hR} - \theta_{vT} + \theta_{vR}))) \\ &\quad + \alpha_h \cdot V(t) \cdot \exp(j(\theta_{vR} - \theta_{hR}))]. \end{aligned}$$

【0028】ところでXPICは、参照信号をもとに受信ベースバンド信号に存在する交差偏波干渉成分(受信ベースバンド信号の第2項)の複製信号を作るよう働く

※ので、XPICが理想的に動作した場合はXPIC複製信号 $V_{XPIC}(t)$ 及びXPIC応答は以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} V_{XPIC}(t) &= \text{real}[-\alpha_v \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{hT} - \omega_{vT})t + (\theta_{hT} - \theta_{vT}))) \\ &\quad - \alpha_h \cdot V(t) \end{aligned}$$

XPIC応答: $-\alpha_v \cdot \exp(j(\theta_{HR} - \theta_{VR}))$ 。

【0029】加算器28で、受信ベースバンド信号とXPIC複製信号が加算されることにより、ベースバンド信号 $V_0(t)$ は交差偏波干渉成分が除去され以下の式で表すことができる。

$$V_0(t) = V(t) - \alpha_v \cdot \alpha_H \cdot V(t)。$$

【0030】ベースバンド信号の第2項は符号間干渉成分となるが通常 α_v と α_H は1より小さいためその成分は無視する事ができる。また α_v と α_H が無視できないような場合では、等化器を併用することによりその符号間干渉成分を取り除くことができる。

【0031】

【発明が解決しようとする課題】ところで、通常RF段で使用されるローカル発振器は位相雑音成分が大きく、周波数項を一定と考えた場合に位相項に時間変動成分が発生する。受信リファレンス同期方式ではV偏波とH偏波で異なるローカル発振器を使用しているため、共通リファレンス発振器を用いることにより発振周波数については両者を一定にすることは可能であるが、それぞれのローカル発振器で発生する位相雑音成分は独立であり、V偏波とH偏波のローカル位相差成分にも時間的変動項が残ってしまう。

【0032】この様な状況でXPICが正常に動作するためには、XPICは単に交差偏波干渉成分: α_v の複製を作るだけでなく、同時に時間的に変動するローカル位相差: $\exp(j(\theta_{HR} - \theta_{VR}))$ に追従する動きも要求される。

【0033】ところがXPICはトランスバーサルフィルタで構成されているため、時間的変動がない位相差に対しては複製信号を作ることができるが、時間的に早く変動する位相差に対して追従して十分な複製信号を作ることができない。これはタップ係数制御回路への要求されるダイナミック特性に対して、回路が十分に対応できないからである。また位相差への追従特性はトランスバーサルフィルタのタップ係数が大きくなればそれだけ劣化するので、交差偏波干渉が大きくなればそれだけ追従特性の劣化が大きくなる。

【0034】したがって、従来使用されている受信リファレンス同期式のXPICシステムは、ローカル発振器の位相雑音成分の増加によって交差偏波干渉補償能力が劣化するという問題がある。

【0035】本発明の目的は、上記問題点に鑑み、受信リファレンス同期方式のXPICにおける自偏波と異偏波のローカル位相雑音による交差偏波間干渉補償特性の劣化を防止する手段を提供することにある。

【0036】

【課題を解決するための手段】交差偏波間干渉補償回路(XPIC: Cross Polarization Interference Canceller)にて交差偏波間干渉の除去を行うためには、干渉が発生するRF段での自偏波送信信号と異偏波干渉信号

との位相関係が、干渉除去を行うベースバンド段での自偏波ベースバンド信号とベースバンドXPIC参照信号との位相関係と同一でなければならない。

【0037】そこで本発明の交差偏波間干渉補償回路では、互いに直交する偏波のそれぞれの受信ローカル発振器で発生する位相関係を検出するローカル位相差検出器と、該ローカル位相差検出器で検出した位相差を補償する無限移相器(EPS: Endless Phase Shifter)を装備し、RF段での自偏波送信信号と異偏波干渉信号との位相関係と干渉除去を行うベースバンド段での自偏波ベースバンド信号とベースバンドXPIC参照信号との位相関係とが同一となるように、XPICに入力する以前にXPIC参照信号に存在する位相及び位相雑音成分を補償したことを特徴とする。

【0038】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態を示すリファレンス同期を用いた受信ローカル同期方式の送受信システムのブロック構成図である。図1において、V/Hの送信データ信号は端子1/1'から変調器11/11'にそれぞれ入力され、変調を受けた送信IF信号は送信器12/12'でRF信号に周波数変換され送信アンテナ13/13'から放射される。

【0039】V偏波の受信系において、V偏波送信器12から送信された送信信号100とH偏波送信器12'から送信されV偏波へ漏れ込んだ干渉信号101は、空間上で結合され受信アンテナ14にV偏波受信信号として入力する。V偏波受信信号は、共通リファレンス発振器17に同期する受信ローカル発振器16よりの受信ローカル信号を入力とする受信器15で周波数変換されV偏波受信IF信号102となる。

【0040】同様にH偏波の受信系において、H偏波送信器12'から送信された送信信号100'とV偏波送信器12から送信されV偏波へ漏れ込んだ干渉信号101は、空間上で結合され受信アンテナ14'にH偏波受信信号として入力する。H偏波受信信号は、共通リファレンス発振器17に同期する受信ローカル発振器16'よりのローカル信号を入力とする受信器15'で周波数変換されH偏波受信IF信号102'となる。

【0041】また、ローカル位相差検出器19はV偏波及びH偏波の受信ローカル発振器16, 16'からの受信ローカル信号を入力とし、内蔵されたPLL回路で両信号の位相差を検出し、EPS制御信号103, 103'を出力する。

【0042】V偏波の復調系において、復調器18はV偏波受信IF信号102を復調する。またH偏波受信IF信号102'は乗算器で周波数変換された後EPS20に入力され、ローカル位相差検出器19で検出した位相差を補償するよう位相回転が施される。このEPS20の出力信号をXPIC参照信号として交差偏波間干渉補償を行い最終的に復調及び干渉補償を行った復調デー

タ信号を端子2から出力する。

【0043】同様にH偏波の復調系において、復調器18'はH偏波受信IF信号102'を復調する。またV偏波受信IF信号102は乗算器で周波数変換された後EPS20'に入力され、ローカル位相差検出器19で検出した位相差を補償するよう位相回転が施される。このEPS20'の出力信号をXPIC参照信号として交差偏波間干渉補償を行い最終的に復調及び干渉補償を行った復調データ信号を端子2'から出力する。

【0044】次に図2を用いて本発明の復調器18、18'の詳細を説明する。

【0045】端子3から入力した自偏波のIF信号は、一次キャリア発振器21の出力である一次キャリア信号111を用いて乗算器22で周波数変換され、その後低域ろ波器23で高調波成分を除去され、さらにA/D変換器24で量子化されデジタル信号に変換される。

【0046】このデジタル信号と数値演算制御発振器(NCO)25で生成した二次キャリア信号112とを無限移相器26に入力し周波数変換を行いベースバンド信号を復調する。キャリア同期制御器27は判定器29で生成した誤差信号を元に位相制御信号を作成し、NCO25で発生する二次キャリア信号の周波数制御を行う。

【0047】また端子4から入力した異偏波の受信IF信号は自偏波側と共通の一次キャリア信号111を用いて乗算器22'で周波数変換され、その後低域ろ波器23'で高調波成分を除去され、A/D変換器24'で量子化されデジタル信号に変換される。

【0048】このデジタル信号は、EPS制御信号103に基づき位相回転を与える無限移相器20に入力され、受信ローカル発振器16、16'で独立に発生する位相雑音成分の差分が除去される。このデジタル信号は更に自偏波側と共通のNCO25で生成した二次キャリア信号112と共に無限移相器26'に入力し、周波数変換されてXPIC参照ベースバンド信号となる。

【0049】このXPIC参照ベースバンド信号とタップ係数制御器31で生成されたXPICのタップ係数と*

$$V_{Tx}(t) = V_p(t) \cdot \cos(\omega_{VT}t + \theta_{VT}) - V_q(t) \cdot \sin(\omega_{VT}t + \theta_{VT}) \\ = \text{real}[V(t) \cdot \exp(j(\omega_{VT}t + \theta_{VT}))]$$

$$H_{Tx}(t) = \text{real}[H(t) \cdot \exp(j(\omega_{HT}t + \theta_{HT}))].$$

【0055】各偏波の送信信号が空間上でH偏波→V偏波に係数 α_v 及びV偏波→H偏波に係数 α_h の関係で結合すると仮定すると、V偏波及びH偏波の受信RF信号※

$$V_{Rx}(t) = \text{real}[V(t) \cdot \exp(j(\omega_{VT}t + \theta_{VT})) + \alpha_v \cdot H(t) \cdot \exp(j(\omega_{HT}t + \theta_{HT}))]$$

$$H_{Rx}(t) = \text{real}[H(t) \cdot \exp(j(\omega_{HT}t + \theta_{HT})) + \alpha_h \cdot V(t) \cdot \exp(j(\omega_{VT}t + \theta_{VT}))].$$

【0056】それぞれの受信RF信号は、受信器において以下の受信ローカル信号により周波数変換される。なお共通のリファレンス信号に同期しているためそれぞれ

*がトランスバーサルフィルタ30の入力となり、空間で受けた異偏波からの干渉成分の複製信号が生成される。自偏波ベースバンド信号から異偏波干渉成分の複製信号を加算器28で取り除くことにより交差偏波干渉除去を行うことができる。

【0050】図3は、本発明で用いるローカル位相差検出器19の詳細を示すブロック図である。

【0051】図3において、端子7及び7'に入力するV偏波及びH偏波の受信ローカル信号を乗算器51に入力し、その乗算結果を低域ろ波器52を通過させることにより高調波成分を除去し、周波数差成分を導出する。この信号をA/D変換器53でデジタル信号に変換した後、内蔵されたNCO56で生成したローカル位相差信号と位相比較器54で位相比較を行い、NCO56の発振周波数を制御する。

【0052】この結果、NCO56の出力であるローカル位相差信号はV偏波とH偏波の受信ローカル信号位相の差分成分に同期し、V偏波の無限移相器20に対してNCOの発振周波数に応じたEPS制御信号103を端子8より出力する。またH偏波の無限移相器20'に対してはEPS制御信号103の位相回転方向を反転させた信号103'を端子8'より出力する。

【0053】次に、本発明のXPICシステムの動作について数式を用いて詳細に説明する。なお説明に当たって以下の信号を定義する。

V偏波のベースバンド信号： $V(t) = V_p(t) + jV_q(t)$ 、($V_p(t)$: Pch成分、 $V_q(t)$: Qch成分)

H偏波のベースバンド信号： $H(t) = H_p(t) + jH_q(t)$ 、($H_p(t)$: Pch成分、 $H_q(t)$: Qch成分)

V偏波送信キャリア： $\cos(\omega_{VT}t + \theta_{VT})$ 、

(ω_{VT} : V偏波の送信キャリア周波数、 θ_{VT} : V偏波の送信キャリア位相)

H偏波送信キャリア： $\cos(\omega_{HT}t + \theta_{HT})$ 、

(ω_{HT} : H偏波の送信キャリア周波数、 θ_{HT} : H偏波の送信キャリア位相)。

【0054】このときV偏波及びH偏波の送信信号 $V_{Tx}(t)$ 及び $H_{Tx}(t)$ は以下の式で表すことができる。

※ $V_{Rx}(t)$ 及び $H_{Rx}(t)$ は以下の式で表すことができる。なおこの結合量 α_v 及び α_h が交差偏波間干渉に相当する。

のローカル信号の周波数は同一で位相のみが独立である。

V偏波の受信ローカル信号： $\cos(\omega_{RT}t + \theta_{vR})$ 、(ω

11

ω_{VR} : 受信ローカル周波数、 θ_{VR} : V偏波の受信ローカル位相)

H偏波の受信ローカル信号: $\cos(\omega_{HT}t + \theta_{HR})$ 、(θ_{HR} : H偏波の受信ローカル位相)。

$$V_{IF}(t) = \text{real}[V(t) \cdot \exp(j((\omega_{VT} - \omega_R)t + (\theta_{VT} - \theta_{VR}))) + \alpha_V \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_R)t + (\theta_{HT} - \theta_{VR})))]$$

$$V_{IX}(t) = \text{real}[H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_R)t + (\theta_{HT} - \theta_{HR}))) + \alpha_H \cdot V(t) \cdot \exp(j((\omega_{VT} - \omega_R)t + (\theta_{VT} - \theta_{HR})))]$$

【0058】復調器18においては受信IF信号のキャリア周波数成分に内部の発振器の発振周波数を合わせるキャリア同期再生を行うため、受信IF周波数と復調器内部の発振周波数は等しくなり以下の式が成立する。

$(\omega_{VT} - \omega_R) = (\omega_{D1} + \omega_{D2})$ 、(ω_{D1} : 受信一次キャリア周波数、 ω_{D2} : 受信二次キャリア周波数) ※

$$V_{BS}(t) = \text{real}[V(t) \cdot \exp(j((\omega_{VT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{VT} - \theta_{VR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) + \alpha_V \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{HT} - \theta_{VR} - \theta_{D1} - \theta_{D2})))]$$

$$= V(t) + \text{real}[\alpha_V \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_{VT})t + (\theta_{HT} - \theta_{VT})))]$$

【0060】またローカル位相差検出器19は、内蔵のPLL回路でローカル位相差信号を生成する。本回路で生成されるローカル位相差信号は、 $\exp(j(\theta_{HR} - \theta_{VR}))$ で表される。

$$V_{BX}(t) = \text{real}[H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{HT} - \theta_{HR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) + \alpha_H \cdot V(t) \cdot \exp(j((\omega_{VT} - \omega_R - \omega_{D1} - \omega_{D2})t + (\theta_{VT} - \theta_{HR} - \theta_{D1} - \theta_{D2}))) \cdot \exp(j(\theta_{HR} - \theta_{VR}))]$$

$$= \text{real}[H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_{VT})t + (\theta_{HT} - \theta_{VT}))) + \alpha_H \cdot V(t)]$$

【0062】ベースバンドXPIC参照信号を使用してXPICが理想的に動作した場合はXPIC複製信号V

$$V_{XPIC}(t) = \text{real}[-\alpha_V \cdot H(t) \cdot \exp(j((\omega_{HT} - \omega_{VT})t + (\theta_{HT} - \theta_{VT}))) - \alpha_H \cdot V(t)]$$

XPIC応答: $-\alpha_V$

本発明のXPIC応答と上記従来のXPIC応答を比較すると、従来含まれていた時間変動を伴うローカル位相差成分 $\exp(j(\theta_{HR} - \theta_{VR}))$ が除かれていることが分かる。

【0063】XPICは一般に二次元のトランスバーサルフィルタで構成されているため、位相成分を付加することは問題ない。ところがこの位相成分が時間的に変動する場合には、位相成分の変動に追従してトランスバーサルフィルタのタップ係数を調整しなければならない。このタップ係数は交差偏波間干渉量の増加に伴い大きくなるため、位相調整もそれだけ困難になる。

【0064】このため、従来のXPICでは位相雑音成分の増加に伴い交差偏波間干渉補償特性が劣化していたが、本発明のXPICでは、位相差成分の時間変動は別途設けられた無限移相器20、20'で補償されるため、XPIC応答の時定数は交差偏波間干渉の時間変動成分に応じて最適に設定することができる。

【0065】図4は、本発明の他の実施形態を示す交差偏波間干渉補償回路ブロック図である。本実施の形態

12

【0057】ここでV偏波を自偏波とし、自偏波に着目して展開を行う。自偏波の受信器を通過した受信IF信号 $V_{IF}(t)$ 及び異偏波の受信器を通過したXPIC参照IF信号 $V_{IX}(t)$ は以下の式で表すことができる。

※ $(\theta_{VT} - \theta_{VR}) = (\theta_{D1} + \theta_{D2})$ 、(θ_{D1} : 受信一次キャリア位相、 θ_{D2} : 受信二次キャリア位相)。

【0059】受信IF信号に対して復調操作の終わった受信ベースバンド信号 $V_{BS}(t)$ は、以下の式で表すことができる。

★【0061】上記ローカル位相差信号を元にEPS回路20で位相差の補償を行った結果、本発明のベースバンドXPIC参照信号 $V_{BX}(t)$ は、以下の式で表すことができる。

★ $V_{XPIC}(t)$ 及びXPIC応答は以下の式で表すことができる。

は、図1に示した実施形態から、受信ローカル信号用の共通リファレンス発振器17を取り除いた構成となっている。

【0066】本実施の形態では、無限移相器41は位相雑音のみでなく各受信ローカルの周波数差まで追従する能力が要求されるが、V偏波及びH偏波のローカル発振器が独立に発振することにより回路構成の単純化をはかることができる。またV偏波とH偏波の独立性を高めることにより、片偏波の保守を行う際や障害発生時の対応が簡単化される。

【0067】なおこの実施の形態においても、基本的な動作は図1で説明した実施の形態と同様であり、相違点は無限移相器30の機能が位相差追従から周波数差追従に拡張されることのみである。

【0068】

【発明の効果】本発明によれば、従来の受信リファレンス同期方式のXPICにおいて問題となった自偏波と異偏波のローカル位相雑音によるXPIC特性の劣化を防止することができる。

【0069】また、リファレンス発振器をV偏波とH偏

40

50

13

波で独立とすることにより、さらに回路構成の簡素化及び保守操作性の向上をはかることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のリファレンス同期を用いた受信ローカル同期方式の送受信システムを示すブロック構成図である。

【図2】本発明の復調器の詳細を示すブロック図である。

【図3】本発明で用いるローカル位相差検出器の詳細を示すブロック図である。

【図4】本発明の他の実施形態を示す交差偏波間干渉補償回路ブロック図である。

【図5】従来のリファレンス同期を用いた受信ローカル同期方式の復調システム構成を示すブロック図である。

【図6】従来の復調器の詳細を示すブロック図である。

【符号の説明】

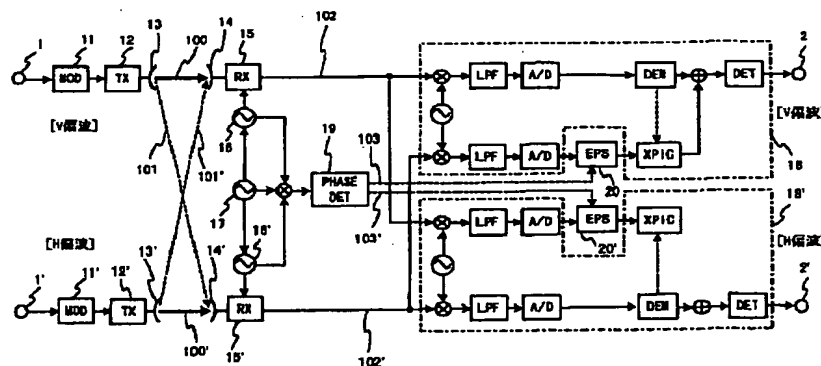
1/1' V/Hの送信データ信号
2/2' 復調データ信号
3 自偏波のIF信号入力端子
4 異偏波のIF信号入力端子
5 復調器出力端子
7/7' V/H偏波の受信ローカル信号
8/8' EPS20/20'の制御端子
11/11' V/H変調器

14

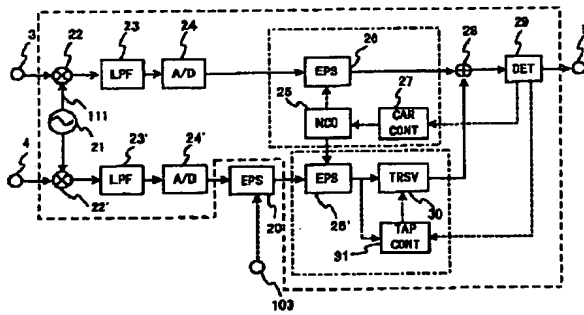
* 12/12' V/H送信器
13/13' V/H送信アンテナ
14/14' V/H受信アンテナ
15/15' V/H受信器
16/16' V/H受信ローカル発振器
17 共通リファレンス発振器
18/18' V/H復調器
19 ローカル位相差検出器
20, 20', 26, 26' 無限移相器 (EPS: Endless Phase Shifter)
21 一次キャリア発振器
22, 22', 51 乗算器
23, 23', 52 低域ろ波器
24, 24', 53 A/D変換器
25, 56 数値演算制御発振器 (NCO: Numerical Controlled Oscillator)
27 キャリア同期制御器
28 加算器
29 判定回路
30 トランスバーサルフィルタ
31 タップ係数制御回路
54 移相比較器
55 ループフィルタ

*

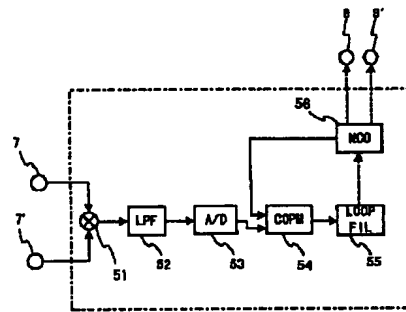
【図1】



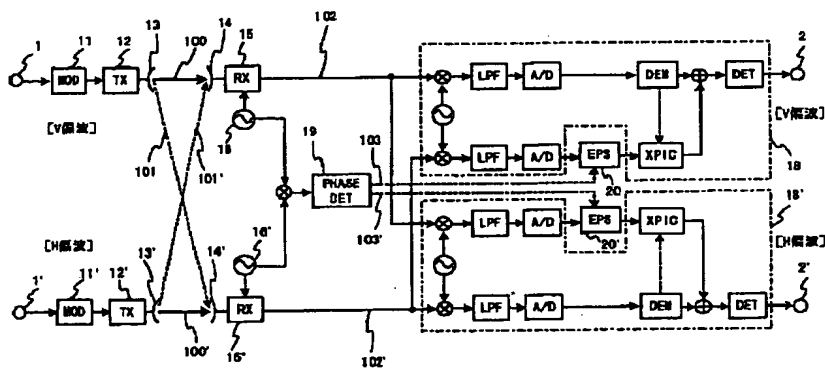
【図2】



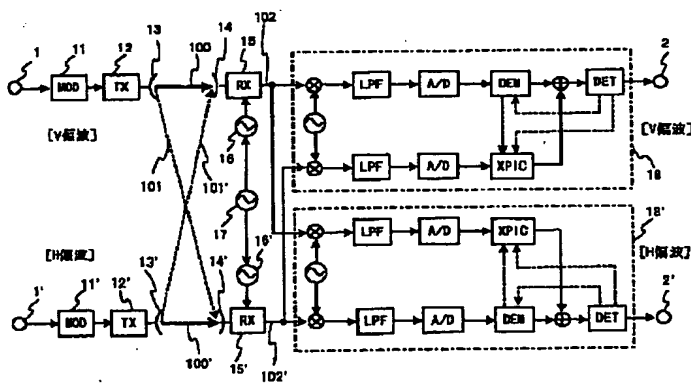
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

